

## TEMPERATURE CONTROLLER, EXPOSURE DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

**Publication number:** JP2006080194 (A)

**Publication date:** 2006-03-23

**Inventor(s):** OGAWARA TSUKASA; ARAI KOJI; HATANAKA KOICHI; MURAKAMI HIRONOBU; SUZUKI KENJI +

**Applicant(s):** NIPPON KOGAKU KK, SENDAI; NIKON KK +

**Classification:**

**- International:** F28D21/00; G03F7/20; G05D23/00; G05D23/19; H01L21/027; F28D21/00; G03F7/20; G05D23/00; G05D23/19; H01L21/02

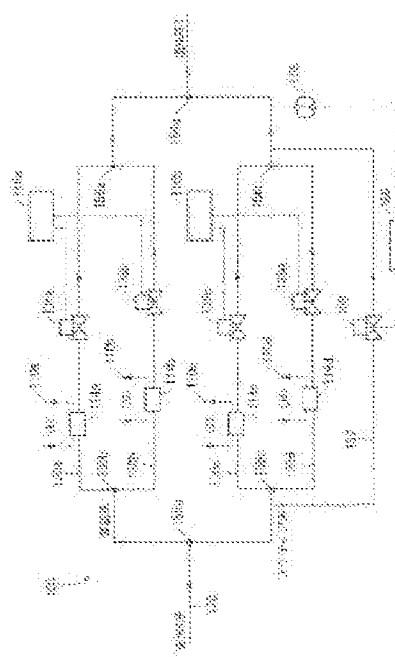
**- European:**

**Application number:** JP20040260825 20040908

**Priority number(s):** JP20040260825 20040908

### Abstract of JP 2006080194 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a temperature controller capable of precisely controlling a temperature with a high response and a high output, and capable of being preferably applied even to an exposure device corresponding to an enlargement and an improvement in a throughput. ; **SOLUTION:** The temperature controller 100 supplies each of a plurality of units (U1 to U4) of an exposure device body with temperature-controlled fluids, and has a medium-fluid flow path 130 in which a medium fluid for cooling or heating the fluids flows. The medium-fluid flow path 130 has a plurality of branch paths 130a to 130d corresponding to each of a plurality of the units (U1 to U4). Heat exchangers 114a to 114d for heat-exchanging the fluids and the medium fluid and flow controllers 135a to 135d controlling the flow rates of the medium fluid flowing in the heat exchangers 114a to 114d are arranged to each of a plurality of the branch paths 130a to 130d. Flow-rate fixing means (157, 158, 159 and 160) for keeping the quantities of the medium fluid flowing into a plurality of the branch paths 130a to 130d constant are mounted on the medium-fluid flow path 130. ; **COPYRIGHT:** (C)2006,JPO&NCIPI



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



**【特許請求の範囲】****【請求項1】**

露光装置本体の複数のユニットのそれぞれに、温度制御した流体を供給する温調装置であつて、

前記流体を冷却または加熱するための媒流体が流れる媒流体流路を備え、

前記媒流体流路は、前記複数のユニットのそれぞれに対応付けられた、前記媒流体が流れる複数の分岐経路を有し、

前記複数の分岐経路のそれぞれに、前記流体と前記媒流体とを熱交換するための熱交換器と、前記熱交換器を流れる前記媒流体の流量を制御する流量制御器と、が配され、

前記媒流体流路には、前記複数の分岐経路のそれぞれに対する前記媒流体の流入量を一定に保つための流量一定化手段が設けられている、ことを特徴とする温調装置。

**【請求項2】**

前記流量一定化手段は、前記複数の分岐経路の少なくとも1つの分岐経路について、前記熱交換器に向かう前記媒流体の一部を迂回させる迂回路と、該分岐経路における前記媒流体の流入量または流出量の変動を検出する検出器と、前記検出器の検出結果に基づいて前記迂回路を流れる前記媒流体の流量を制御する迂回量制御器と、を含むことを特徴とする請求項1に記載の温調装置。

**【請求項3】**

前記迂回路は、前記複数の分岐経路のうち、前記熱交換器を流れる前記媒流体の流量変動が比較的大きい分岐経路に対して設けられる、ことを特徴とする請求項2に記載の温調装置。

**【請求項4】**

前記複数の分岐経路は、前記熱交換器を流れる前記熱媒体の流量変動が比較的小さい第1系と、前記熱交換器を流れる前記熱媒体の流量変動が比較的大きい第2系とに分類されており、

前記流量一定化手段は、前記第1系及び前記第2系のそれぞれに対する前記媒流体の流入量を一定に保つ、ことを特徴とする請求項1に記載の温調装置。

**【請求項5】**

前記媒流体流路はさらに、前記複数の分岐経路に向かう前記媒流体を、前記第1系と前記第2系とに分ける入口分岐配管を有し、

前記流量一定化手段は、前記入口分岐配管から前記第2系に向かう前記媒流体の一部を迂回させる迂回路と、前記第1系または前記第2系における前記媒流体の流入量または流出量の変動を検出する検出器と、前記検出器の検出結果に基づいて前記迂回路を流れる前記媒流体の流量を制御する迂回量制御器と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の温調装置。

**【請求項6】**

前記複数の分岐経路のそれぞれの前記流量制御器をまとめて収容するボックスと、前記複数の前記流量制御器の漏液を検知する漏液検知系と、をさらに備える、ことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載の温調装置。

**【請求項7】**

前記漏液検知系は、複数の前記流量制御器のそれぞれの比較的微量な漏液を検知する第1漏液検知系と、複数の前記流量制御器のそれぞれの比較的多量な漏液を検知する第2漏液検知系とを含む、ことを特徴とする請求項6に記載の温調装置。

**【請求項8】**

前記第1漏液検知系は、漏液検知器と、複数の前記流量制御器のそれぞれに個別に対応付けられた複数の検知配線と、前記複数の検知配線のいずれかに前記漏液検知器の検知対象を切り替えるためのリレーと、を含むことを特徴とする請求項7に記載の温調装置。

**【請求項9】**

マスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写する露光装置であつて、

請求項1から請求項8のうちのいずれかに記載の温調装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項10】

請求項9記載の露光装置を用いて、デバイスを製造することを特徴とするデバイス製造

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置本体の所定ユニットに、温度制御した流体を供給する温調装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等の電子デバイスの製造工程では、マスク（又はレチクル）に形成された回路パターンをレジスト（感光材）が塗布された基板（ウエハやガラスプレートなど）上に転写する露光装置が用いられている。

【0003】

近年、露光装置では、回路の微細化に伴い、露光用照明ビーム（露光光）が短波長化している。例えば、これまで主流だった水銀ランプに代わり、KrFエキシマレーザ（波長：248 nm）や、ArFエキシマレーザ（193 nm）等の短波長の光源が用いられる傾向にある。短波長光を用いた露光装置では、露光装置の光路上の空間や露光装置が配置される空間の精密な温度制御が要求される。

【0004】

露光装置に対する温調技術としては、露光装置本体の所定ユニットに供給される温調用の流体を、電気ヒータによって温度制御する技術がある（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平11-312632号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年の電子デバイスの製造工程では、基板の大サイズ化や、高スループット化が進んでおり、より精度の高い温調技術が求められている。しかしながら、電気ヒータを用いた温調技術では、基板の大サイズ化や高スループット化に対応しようとすると、高応答な温調が難しく、また、電気ヒータの消費電力が大幅に増大し、運転コストの増大を招く。

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、高応答、高出力で精密な温調が可能であり、大型化や高スループット化に対応した露光装置にも好ましく適用可能な温調装置を提供することを目的とする。

また、本発明の他の目的は、露光精度の向上を図ることができる露光装置を提供することにある。

また、本発明の別の目的は、デバイス品質の向上を図ることができるデバイス製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するために、本発明は、実施の形態を示す図1から図13に対応付けた以下の構成を採用している。

本発明の温調装置は、露光装置本体の複数のユニット（U1～U4）のそれぞれに、温度制御した流体を供給する温調装置であって、前記流体を冷却または加熱するための媒流体が流れる媒流体流路（130）を備え、前記媒流体流路は、前記複数のユニットのそれぞれに対応付けられた、前記媒流体が流れる複数の分岐経路（130a～130d）を有し、前記複数の分岐経路のそれぞれに、前記流体と前記媒流体とを熱交換するための熱交換器（114a～114d）と、前記熱交換器を流れる前記媒流体の流量を制御する流量

制御器（135a～135d）と、が配され、前記媒流体流路には、前記複数の分岐経路のそれぞれに対する前記媒流体の流入量を一定に保つための流量一定化手段が設けられている、ことを特徴とする。

【0008】

この温調装置では、媒流体との热交換によって流体温度を制御する。媒流体を用いた温調は、流体に热を伝える部分の面積（伝热面積）を比較的広く取ることが容易であり、高応答化、並びに高出力化に適している。すなわち、伝热面積が広いので、多量の流体の温度を精密に制御することが可能である。

【0009】

ここで、媒流体流路が複数の経路に分岐され、各分岐経路ごとに媒流体を用いた热交換が行われる場合、ある分岐経路内での媒流体の流量変動の影響が他の分岐経路に及ぶ可能性がある。すなわち、ある分岐経路内で热交換に使用する媒流体の流量が大きく変動すると、その分岐経路に流入する媒流体の流量が大きく変動し、それに伴い、他の分岐経路への媒流体の流入量が変化する場合がある。媒流体の流入量の変化は、その分岐経路における流体温度の制御遅れや制御精度低下の原因となりやすい。

【0010】

上記の温調装置では、流量一定化手段によって、複数の分岐経路のそれぞれに対する媒流体の流入量が一定に保たれる。そのため、各分岐経路において热交換が安定的に行われ、複数のユニットのそれぞれに対してより精密な温調が可能となる。

【0011】

具体的には、例えば、前記流量一定化手段は、前記複数の分岐経路（130a～130d）の少なくとも1つの分岐経路（130c、130d）について、前記热交換器（114c、114d）に向かう前記媒流体の一部を迂回させる迂回路（143a、143b）と、該分岐経路における前記媒流体の流入量または流出量の変動を検出する検出器（144a、144b）と、前記検出器の検出結果に基づいて前記迂回路を流れる前記媒流体の流量を制御する迂回量制御器（145a、145b）と、を含むとよい。

【0012】

この構成によれば、複数の分岐経路の少なくとも1つの分岐経路において、その分岐経路を流れる媒流体の全体流量が一定に保たれる。すなわち、その分岐経路における媒流体の流入量または流出量の変動を検出し、その検出結果に基づいて迂回量を制御することにより、熱交換器を流れる媒流体の流量が変動しても、その変動分が迂回路で吸収される。例えば、その分岐経路において、熱交換器を流れる媒流体の流量が増えると迂回路を流れる媒流体の流量（迂回量）を減らし、逆に、熱交換器を流れる媒流体の流量が減ると迂回量を増やす。これにより、その分岐経路を流れる媒流体の全体流量（熱交換器を流れる量+迂回量）が一定に保たれ、その結果、その分岐経路に対する媒流体の流入量が一定に保たれる。

【0013】

この場合、前記迂回路（143a、143b）は、前記複数の分岐経路のうち、前記热交換器を流れる前記媒流体の流量変動が比較的大きい分岐経路（130c、130d）に対して設けられる、とよい。

【0014】

热交換時における媒流体の流量変動が比較的大きい分岐経路について、媒流体の全体流量が一定に保たれることで、その分岐経路内の流量変動が他の分岐経路に影響を及ぼすことが回避される。その結果、複数の分岐経路のそれぞれに対して、媒流体の流入量がほぼ一定に保たれる。また、この構成では、複数の分岐経路のすべてに迂回路を設ける場合に比べて構成の簡素化が図られる。

【0015】

また、上記の温調装置において、前記複数の分岐経路（130a～130d）は、前記热交換器（114a～114d）を流れる前記热媒体の流量変動が比較的小さい第1系（130a、130b）と、前記热交換器を流れる前記热媒体の流量変動が比較的大きい第

2系（130c、130d）とに分類されており、前記流量一定化手段は、前記第1系及び前記第2系のそれぞれに対する前記媒流体の流入量を一定に保つ、構成であってもよい。

【0016】

この構成によれば、流量一定化手段によって、第1系及び第2系への媒流体の流入量が一定に保たれるので、各系において熱交換が安定的に行われる。また、複数の分岐経路を第1系と第2系に分類することにより、構成や制御の簡素化が図られる。

【0017】

具体的には、前記媒流体流路（130）はさらに、前記複数の分岐経路（130a～130d）に向かう前記媒流体を、前記第1系と前記第2系とに分ける入口分岐配管（155a）を有し、前記流量一定化手段は、前記入口分岐配管から前記第2系に向かう前記媒流体の一部を迂回させる迂回路（157）と、前記第1系または前記第2系における前記媒流体の流入量または流出量の変動を検出する検出器（158）と、前記検出器の検出結果に基づいて前記迂回路を流れる前記媒流体の流量を制御する迂回量制御器（159）と、を含むとよい。

【0018】

この構成によれば、第2系内で熱交換器を流れる媒流体の流量が大きく変動しても、その変動分が迂回路で吸収される。例えば、第2系内で熱交換器を流れる媒流体の流量が増えると迂回路を流れる媒流体の流量（迂回量）を減らし、逆に、第2系内で熱交換器を流れる媒流体の流量が増えると迂回量を増やす。これにより、第2系を流れる媒流体の全体流量（熱交換器を流れる量+迂回量）が一定に保たれ、その結果、第1系及び第2系に対する媒流体の流入量も一定に保たれる。また、この構成では、第2系に含まれる複数の分岐経路に対してまとめて迂回制御を行うことから、構成や制御の簡素化が図られる。

【0019】

また、上記の温調装置においては、前記複数の分岐経路（130a～130d）のそれぞれの前記流量制御器（135a～135d）をまとめて収容するボックス（171）と、前記複数の前記流量制御器の漏液を検知する漏液検知系（170）と、をさらに備える構成としてもよい。

【0020】

この構成によれば、漏液検知系によって複数の流量制御器の漏液が検知されることから、その検知結果に基づくメンテナンス作業を行うことで、長期かつ連続的に安定した温調が可能となる。

【0021】

この場合、前記漏液検知系（170）は、複数の前記流量制御器（135a～135d）のそれぞれの比較的微量な漏液を検知する第1漏液検知系（170a）と、複数の前記流量制御器のそれぞれの比較的多量な漏液を検知する第2漏液検知系（170b）とを含む、とよい。

【0022】

これにより、メンテナンス作業の効率化や温調の制御安定性の向上が図られる。例えば、比較的微量な漏液が検知された場合は、流量制御器の整備や交換を次のメンテナンス時に行うことと、スループットの低下が防止される。また、比較的多量な漏液が検知された場合は、速やかに流量制御器の整備や交換を行うことで不具合の発生が防止される。さらに、装置の停止時間が抑制されることから、装置の停止に伴う媒流体の温度変化が少なく、温調の制御安定性が向上する。

【0023】

この場合、前記第1漏液検知系（170a）は、漏液検知器（176）と、複数の前記流量制御器（135a～135d）のそれぞれに個別に対応付けられた複数の検知配線（177a～177d）と、前記複数の検知配線のいずれかに前記漏液検知器の検知対象を切り替えるためのリレー（178a～178d）と、を含むとよい。

【0024】

これにより、複数の流量制御器のそれぞれに漏液検知器を設ける場合に比べて、構成の簡素化が図られる。

#### 【0025】

本発明の露光装置は、マスク (R) のパターンを投影光学系 (PL) を介して基板に転写する露光装置 (EXP) であって、上記の温調装置 (100) を備えることを特徴としている。

また、本発明のデバイス製造方法は、上記露光装置 (EXP) を用いて、デバイスを製造することを特徴としている。

#### 【発明の効果】

#### 【0026】

本発明の温調装置によれば、高応答、高出力で精密な温調が可能であり、大型化や高スループット化に対応した露光装置にも好ましく適用することができる。また、構成や制御の簡素化にも適している。

#### 【0027】

本発明の露光装置によれば、上記温調装置により高精度に温調されることから、露光精度の向上を図ることができる。

#### 【0028】

本発明のデバイス製造方法によれば、露光精度の向上により、デバイス品質の向上を図ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0029】

次に、本発明の実施の形態例について図面を参照して説明する。

図1は、本発明に係る温調装置における特徴部分の一形態例を模式的に示している。この温調装置100aは、露光装置に対して適用されるものである。

#### 【0030】

温調装置100aは、露光装置本体の複数のユニット (U1, U2, U3, U4) のそれに、温度制御された流体 (ハイドロフルオロエーテル: HFE、ノベック) を供給するためのHFE系を有しており、HFE系は、供給先ユニット (U1, U2, U3, U4) に対応付けられた流体流路としてのHFE循環経路110a、110b、110c、110dを含む。また、温調装置100aは、HFE循環経路110a～110dを流れるHFEを温度制御する媒流体 (本例では温媒流体、温水) を流すための温水系を有している。

なお、本例では、温調用の流体としてHFEを用いているが、これに限らず、フロリナート (FC) や、Hーガルデン (HFPE) などの他の流体を用いてもよい。

#### 【0031】

ここで、上記の温調対象の複数のユニットは、比較的热負荷の変動が小さいものの目標とする温度安定度が厳しいユニット (U1, U2) と、比較的热負荷の変動が大きく目標とする温度安定度が比較的緩いユニット (U3, U4) とに分類されている。温調装置100aにおいて、比較的热負荷の変動が小さいユニット (U1, U2) に対する温調系を「恒温系」、比較的热負荷の変動が大きいユニット (U3, U4) に対する温調系を「アクティブ系」、と必要に応じて以後称する。

#### 【0032】

温水系は、目標温度に制御された温水が循環する流路である温水循環経路130が供給先ユニットに対応付けて4つの経路 (130a、130b、130c、130d) に分岐している。各分岐経路130a～130dのそれぞれには、HFE循環経路110a～110dを流れるHFEとの热交換を行いうための热交換器114a、114b、114c、114dと、各热交換器114a～114dを流れる温水の流量を制御するための流量制御弁135a、135b、135c、135dとが配設されている。各ユニットに入るHFEが目標温度 (例えば23°C) となるように、制御系116a、116bの指示に基づいて、対応付けられた流量制御弁135a～135dの开度が制御される。

**【0033】**

温水系の分岐経路130a～130dのうち、アクティブ系の分岐経路130c、130dにはそれぞれ、熱交換器114c、114dに向かう温水の一部を迂回させる迂回路143a、143bと、各経路130c、130dにおける温水の流出量の変動を検出する流量検出器144a、144bと、流量検出器144a、144bの検出結果に基づいて迂回路143a、143bを流れる温水の流量を制御する迂回量制御弁145a、145bとが設けられている。流量検出器144a、144bの検出結果は制御系146a、146bに送られる。制御系146a、146bは、流量検出器144a、144bの検出結果に基づいて、各経路130c、130dにおける温水の流出量が一定になるように、迂回量制御弁145a、145bの開度を制御する。

なお、本発明における流量一定化手段は、迂回路143a、143b、流量検出器144a、144b、及び制御系146a、146b等を含む。

**【0034】**

上記構成の温調装置100aでは、温調の対象となる複数のユニット(U1～U4)のそれぞれにHFEを供給するとともに、そのHFEの温度を、温水との热交換によって制御する。すなわち、热交換器114a～114dに入る温水の流量を制御することにより、HFEの温度を制御する。本例の温調装置100aでは、温調の対象となる複数のユニット(U1～U4)のそれに対応付けて热交換器114a～114dが配設されていることから、複数のユニット(U1～U4)のそれに対しても、目標温度に制御したHFEが確実に供給される。

**【0035】**

热交換器114a～114dとしては、伝热面積が広いタイプ、例えばプレート型の热交換器が用いられる。プレート型热交換器は、伝热面積が広いことから、多量の流体の温度を精密に制御するのに適している。热交換器114における広い伝热面積を利用することにより、高い精度で精密な温度制御(例えば、安定度:±0.001℃)が可能となる。また、電気ヒータを用いる場合に比べて、消費電力が低減され、運転コストの低減が可能である。したがって、本例の温調装置100aは、高応答化、並びに高出力化に好ましく適用される。

**【0036】**

また、本例の温調装置100aでは、温水系において、温媒流体として水(温水)を用いることから、热交換器114a～114dにおける伝热部分の温度は100℃以下に制限される。電気ヒータの場合は伝热部分の温度(表面温度)が200℃を越えることがあり、これに本例で使用するフッ素系の液体であるHFE(ノベック)が接触すると、热分解して空気中の水分と反応して腐食性のフッ酸(HF)を発生させるおそれがあるが、本例の場合はこれが回避される。HFEの代わりに流体としてフロリナート(FC)やHガルデン(HFPE)を使用した場合も同様である。

**【0037】**

ここで、図2～図4は、温調装置100aにおいて用いられる流量制御弁135a～135dの特性(开度～流量特性)の一例を示している。

恒温系で使用する流量制御弁135a、135bは、図2に示すように、开度に対しての流量変化が比較的なだらかな特性を有しているのが好ましい。これは、温調対象のユニットの热負荷の変動が小さいため、微妙な开度変化で流量が大きく変わらないようにして、温度安定度を高めるためである。

**【0038】**

一方、アクティブ系で使用する流量制御弁135c、135dは、図3に示すように、开度に対しての流量変化が比較的急峻な特性を有しているのが好ましい。これは、温調対象の热負荷が大きく変化するので、わずかな开度変化で流量が大きく変わるようにして、温度制御の追従性(応答性)を向上させるためである。

**【0039】**

なお、図4に示す特性を有する流量制御弁を用いることにより、上述した恒温系及びア

クティブ系のいずれにも対応可能である。すなわち、図4の流量制御弁は、開度に対する流量変化が開度の範囲によって異なっており、ある範囲では開度に対する流量変化がながらかであり、別の範囲では急峻になっている。この場合、ソフトウェア等で恒温系、アクティブ系のそれぞれの使用範囲を限定し、適切な特性の範囲で使用するとよい。

#### 【0040】

図1に戻り、本例の温調装置100aでは、温水系の複数の分岐経路130a～130dのうち、アクティブ系の分岐経路130c、130dにおいて、熱交換器114c、114dに向かう温水の一部を、迂回路143a、143bに迂回させている。これは、アクティブ系における熱交換器114c、114dを流れる温水流量の変動（流量制御弁135c、135dの開度の変動）が比較的大きいことから、その影響が恒温系や温水系全体に伝わるのを抑えるためである。

#### 【0041】

すなわち、本例の温調装置100aでは、アクティブ系の分岐経路130c、130dにおいて、各分岐経路130c、130dからの流出量が一定になるように、迂回量制御弁145a、145bによって迂回路143a、143bを流れる温水の量を制御し、これにより、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が比較的大きく変動しても、その変動分を迂回路143a、143bで吸収する。

#### 【0042】

例えば、アクティブ系の各分岐経路130c、130dにおいて、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が増えると、その増えた分、迂回路143a、143bを流れる温水の流量（迂回量）を減らし、逆に、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が減るとその分、迂回量を増やす。

#### 【0043】

こうした制御により、アクティブ系の分岐経路130c、130dを流れる温水の全体流量（熱交換器を流れる量+迂回量）が一定に保たれ、その結果、アクティブ系の分岐経路130c、130dに対する温水の流入量が一定に保たれる。これにより、複数の分岐経路130a～130dに対する温水の流入量のバランスが一定に保たれ、複数の分岐経路130a～130dのそれに対しても、温水の流入量がほぼ一定に保たれる。なお、恒温系の分岐経路130a、130b内の流量変動は小さく、その変動が上記流入量のバランスに与える影響は極めて小さい。

#### 【0044】

このように、本例の温調装置100aでは、各分岐経路130a～130dに対して温水の流入量が一定に保たれることから、各分岐経路130a～130dにおいて熱交換が安定的に行われ、複数のユニット（U1～U4）のそれに対してもより精密な温調が行われる。さらに、温水系の全体の流れが安定し、温水自体の温度制御にかかる負荷が少くなり、温水の温度が安定するという利点もある。

なお、恒温系の分岐経路130a、130bにも迂回路を設け、アクティブ系と同様の迂回量制御を行ってもよい。ただしこの場合、図1に比べて構成が複雑なものとなる。

#### 【0045】

図5は、図1に示した温調装置100aの変形例（温調装置100）を示している。

なお、図5の温調装置100について、図1に示したものと同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略または簡略化する。

#### 【0046】

図5に示す温調装置100は、図1の例と同様に、露光装置本体の複数のユニット（U1、U2、U3、U4）のそれぞれに、温度制御された流体（HFE）を供給するためのHFE系101を有しており、HFE系101は、供給先ユニット（U1、U2、U3、U4）に対応付けられた流体流路としてのHFE循環経路110a、110b、110c、110dを含む。また、温調装置100は、HFE循環経路110a～110dを流れるHFEを温度制御する温水を流すための温水系103を有しており、温水系103は、目標温度に制御された温水が循環する流路である温水循環経路130を有している。

**【0047】**

温水循環経路130は、図1の例と異なり、上流位置で恒温系とアクティブ系との2方向に分岐しており、その下流で恒温系及びアクティブ系のそれぞれにおいてさらに2方向（合計4方向）に分岐している。

**【0048】**

具体的には、温水循環経路130は、温水の流路を恒温系とアクティブ系との2つに分けるための入口分岐配管155aと、さらに流路を2つに分けるための補分岐配管155b、155cと、補分岐配管155bに接続される恒温系の2つの分岐経路130a、130bと、補分岐配管155cに接続されるアクティブ系の2つの分岐経路130c、130dと、出口合流配管156a、156b、156cとを有している。出口合流配管156aは、恒温系の2つの分岐経路130a、130bに接続され、出口合流配管156bはアクティブ系の2つの分岐経路130c、130dに接続され、出口合流配管156cは、出口合流配管156a、156bに接続される。

**【0049】**

温水は、入口分岐配管155aで恒温系とアクティブ系との2方向に分かれ。恒温系において、温水は、補分岐配管155bでさらに2方向に分かれて、分岐経路130a、130bを流れる。アクティブ系において、温水は、補分岐配管155cでさらに2方向に分かれて、分岐経路130c、130dを流れる。恒温系の2つの分岐経路130a、130bから流出した温水は、出口合流配管156aで合流される。アクティブの2つの分岐経路130c、130dから流出した温水は、出口合流配管156bで合流される。出口合流配管156a、156bから流出した温水は、出口合流配管156cで合流される。

**【0050】**

温水循環経路130には、入口分岐配管155aからアクティブ系の分岐経路130c、130dに向かう温水の一部を迂回させる迂回路157と、アクティブ系の分岐経路130c、130dの温水の流出量の変動を検出する流量検出器158と、流量検出器158の検出結果に基づいて迂回路157を流れる温水の流量を制御する迂回量制御弁159とが設けられている。迂回路157の入口端は、入口分岐配管155aと補分岐配管155cとの間の配管、すなわち温水がアクティブ系の2つの分岐経路130c、130dに分かれる手前の位置に接続されている。迂回路157の出口端は、出口合流配管156bと出口合流配管156cとの間の配管、すなわちアクティブ系の2つの分岐経路130c、130dからの温水が合流した直後の位置に接続されている。

**【0051】**

流量検出器158の配設位置は、迂回路157の出口端の下流位置、すなわちアクティブ系の2つの分岐経路130c、130dからの温水と迂回路157からの温水とが合流した直後の位置である。流量検出器158の検出結果は制御系160に送られる。制御系160は、流量検出器158の検出結果に基づいて、アクティブ系からの温水の流出量が一定になるように、迂回量制御弁159の開度を制御する。

なお、本発明における流量一定化手段は、入口分岐配管155a、補分岐配管155b、155c、出口合流配管156a、156b、156c、迂回路157、流量検出器158、迂回量制御弁159等を含む。

**【0052】**

本例の温調装置100では、アクティブ系における熱交換器114c、114dを流れる温水流量の変動（流量制御弁135c、135dの開度の変動）の影響が恒温系や温水系全体に伝わるのを抑えるために、アクティブ系の熱交換器114c、114dに向かう温水の一部を、迂回路157に迂回させている。

**【0053】**

すなわち、本例の温調装置100では、アクティブ系からの温水の流出量が一定になるように、迂回量制御弁159によって迂回路157を流れる温水の量を制御し、これにより、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が比較的大きく変動しても、その変

動分を迂回路157で吸収する。例えば、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が増えると、その増えた分、迂回路157を流れる温水の流量（迂回量）を減らし、逆に、熱交換器114c、114dを流れる温水の流量が減るとその分、迂回量を増やす。

#### 【0054】

これにより、アクティブ系を流れる温水の全体流量（熱交換器を流れる量+迂回量）が一定に保たれ、その結果、恒温系及びアクティブ系に対する温水の流入量が一定に保たれる。すなち、入口分岐配管155aにおいて、恒温系（分岐経路130a、130b）に向かう温水量、及びアクティブ系（分岐経路130c、130d）に向かう温水量がそれぞれ一定に保たれる。なお、恒温系の分岐経路130a、130b内での流量変動は小さく、その変動が上記流入量のバランスに与える影響は極めて小さい。

#### 【0055】

このように、本例の温調装置100では、恒温系及びアクティブ系に対して温水の流入量が一定に保たれることから、図1の例と同様に、各系においてそれぞれ熱交換が安定的に行われ、複数のユニット（U1～U4）のそれぞれに対して精密な温調が行われる。さらに、温水系103の全体の流れが安定し、温水自体の温度制御にかかる負荷が少くなり、温水の温度が安定するという利点もある。

#### 【0056】

また、本例の温調装置100では、図1の例と異なり、アクティブ系に含まれる2つの分岐経路130cに対して1つの迂回路157を介してまとめて迂回制御を行うことから、構成や制御の簡素化が図られる。

#### 【0057】

図6は、図1または図5の温調装置に用いられる流量制御弁135a～135dの漏液を検知する漏液検知系170の構成を示す図である。

図6において、複数の流量制御弁135a～135dは、ボックス171内にまとめて収容されている。漏液検知系170は、流量制御弁135a～135dのそれぞれの比較的微量な漏液を検知する第1漏液検知系170aと、流量制御弁135a～135dのそれぞれの比較的多量な漏液を検知する第2漏液検知系170bとを含む。

#### 【0058】

ここで、流量制御弁135a～135dはそれぞれ、駆動軸のシール部材として樹脂製の部材を使用している。温調装置の連続運転を行う場合など、そのシール部材の摩耗が進行すると、ドレインポート172a～172dから微量の漏液（リーク）が発生する。微量リークした液体は、ドレイン排液配管173a～173dを通り、ボックス171の下部（底部）のドレイン排出口174から排出される。

#### 【0059】

第1漏液検知系170aは、上記の微量リークを検知するものであり、漏液検知器176と、流量制御弁135a～135dのそれぞれに個別に対応付けられた漏液センサとしての複数の検知配線177a～177dと、検知配線177a～177dのいずれかに漏液検知器176の検知対象を切り替えるためのリレー178a～178dとを含む。

#### 【0060】

漏液検知器176の検知対象は、一定時間間隔ごとにリレー178a～178dを介して、流量制御弁135a～135dのいずれかに切り替わる。そのため、第1漏液検知系170aは、4つの流量制御弁135a～135dのそれぞれに対して個々に漏液検知器を設ける形態に比べて、構成の簡素化が図られる。なお、漏液検知器176で微量のリークが検知された場合、その結果が不図示の報知器（表示パネル等）によって報知され、装置（温調装置、露光装置本体）の運転は継続される。作業者は、上記報知に基づき、次のメンテナンス時において、流量制御弁135a～135dの整備や交換を行う。

#### 【0061】

一方、第2漏液検知系170bは、ボックス171での流量制御弁135a～135dや配管からの多量の漏液を検知するものであり、漏液検知器180と、ボックス171の底部から所定高さ位置に配される漏液センサとしての検知配線181とを含む。

**【0062】**

第2漏液検知系170bでは、多量の漏液が生じ、ボックス171の底部の所定高さにその液が到達すると、検知配線181を介して、漏液検知器180がその漏液を検知する。漏液検知器180で多量の漏液が検知された場合、その結果が不図示の報知器（表示パネル、報知アラーム等）によって報知されるとともに、装置（温調装置、露光装置本体）が停止される。作業者は、上記報知に基づき、速やかに流量制御弁135a～135dの整備や交換、並びにそれに付随する配管の整備や交換を行う。

**【0063】**

このように、本例の漏液検知系170は、微量なりークと多量の漏液とを分けて検知することから、装置の停止時間の抑制が図られるとともに、メンテナンス作業の効率化が図られる。また、装置の停止時間が抑制されることにより、装置の停止に伴う媒流体の温度変化が抑制され、温調の制御安定性の向上が図られる。

**【0064】**

図7及び図8は、図5に示した温調装置100の部分的な变形例を示している。

図7の例では、迂回制御のための温水の流量変動を検出する検出器として、図5の例における流量検出器158に代えて、流体の圧力を計測する圧力計158a、158bが用いられている。圧力計158aは、迂回路157の入口端の上流位置に配され、圧力計158bは、迂回路157の出口端の下流位置に配されている。圧力計158a、158bの計測結果は制御系160aに送られる。制御系160aは、その計測結果に基づいて、アクティブ系における上流位置と下流位置との間の差圧を求め、その値が一定になるよう迂回量制御弁159の開度を制御する。一般に、流量検出器に比べて圧力計のほうが分解能が高い。そのため、圧力計を用いることにより、より精密な流量制御（迂回量制御）が可能となる。

**【0065】**

図8の例では、図5の例における流量検出器158が、恒温系の入口部に設けられている。具体的には、流量検出器158の配設位置が、入口分岐配管155aと恒温系の補分岐配管155bとの間、すなわち入口分岐配管155aによって温水が2方向に分かれた直後の恒温系側の位置である。流量検出器158の検出結果は制御系160に送られる。制御系160は、流量検出器158の検出結果に基づいて、アクティブ系からの温水の流出量が一定になるよう、迂回量制御弁159の開度を制御する。本例では、恒温系の入口部での流量変動を検出することにより、高精度な温度安定度が求められる恒温系への温水の流入量をより確実に一定に保つことが可能となる。なお、流量検出器158の配設位置は、上記の位置に限らず他の位置にでもよい。

**【0066】**

図9は、図5に示す特徴部分の形態例が適用された温調装置100の全体構成を示している。

なお、図9の温調装置100について、図5に示したものと同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略または簡略化する。

**【0067】**

図9において、温調装置100が適用される露光装置EXPは、クリーンルーム内に配設される露光装置本体10と、露光装置本体10を収容するチャンバCHとを有している。露光装置本体10は、比較的熱負荷の変動が小さいものの目標とする温度安定度が厳しいユニット(U1, U2)と、比較的熱負荷の変動が大きいユニット(U3, U4)とを有している。

**【0068】**

温調装置100は、露光装置本体10に供給される温調用の流体（ハイドロフルオロエーテル：HFE、ノベック）が流れるHFE系101と、HFE系101を流れる流体（HFE）を冷却するための冷媒流体（冷水）が流れる冷水系102と、HFE系101を流れる流体（HFE）を加熱するための温媒流体（温水）が流れる温水系103とを備えて構成されている。

## 【0069】

(HFE系)

HFE系101は、恒温系のHFE循環経路110a、110bと、アクティブ系のHFE循環経路110c、110dとを有している。恒温系のHFE循環経路110a、110bには、タンク111a、ポンプ112a、及び冷水系102との熱交換を行うための熱交換器113a等が配設されている。アクティブ系のHFE循環経路110c、110dにも同様に、タンク111c、ポンプ112c、及び冷水系102との熱交換を行うための熱交換器113c等が配設されている。タンク111a、111cの容量や、ポンプ112a、112cの能力、熱交換器113a、113cの容量はそれぞれ、対応する系(恒温系、アクティブ系)の発热量やその変動量などに基づいて定められている。

## 【0070】

また、各HFE循環経路110a、110b、110c、110dにはそれぞれ、温水系103との熱交換を行うための熱交換器114a、114b、114c、114d、及び温度センサ115a、115b、115c、115d等が配設されている。熱交換器114a、114b、114c、114dの容量はそれぞれ、対応するユニットの熱負荷の変動量や発热量などに基づいて定められている。各循環経路110a～110d内のHFEの温度は、温度センサ115a～115dによって検出され、その検出結果は制御系116a、116bに送られる。

## 【0071】

HFE循環経路110aを流れるHFEは、熱交換器113aで一旦冷却された後に、熱交換器114aによって目標温度に加熱されて、第1ユニット(U1)に供給される。HFE循環経路110bを流れるHFEは、熱交換器113aで一旦冷却された後に、熱交換器114bによって目標温度に加熱されて、第2ユニット(U2)に供給される。第1ユニット(U1)を出たHFEと第2ユニット(U2)を出たHFEはタンク111aに戻る。

## 【0072】

同様にHFE循環経路110cを流れるHFEは、熱交換器113cで一旦冷却された後に、熱交換器114cによって目標温度に加熱されて、第3ユニット(U3)に供給される。HFE循環経路110dを流れるHFEは、熱交換器113dで一旦冷却された後に、熱交換器114dによって目標温度に加熱されて、第4ユニット(U4)に供給される。第3ユニット(U3)を出たHFEと第4ユニット(U4)を出たHFEはタンク111cに戻る。

## 【0073】

より具体的には、HFE系101では、タンク111a、111c内のHFEがポンプ112a、112cによって圧送される。タンク111a、111cは、HFE循環経路110a～110d内のHFE温度の安定化を目的としてHFEを一時的に貯留するものであり、ポンプ112a、112cの上流に配されている。ポンプ112a、112cで圧送されたHFEは、熱交換器113a、113cにおいて目標温度(例えば23°C)以下に冷却された後、熱交換器114a～114dにおいて加熱され、これにより、HFEが目標温度(例えば23°C)に制御される。

## 【0074】

本例のHFE系101では、恒温系とアクティブ系との間でHFE循環経路110a～110dが互いに独立しており、アクティブ系を流れるHFEの温度の変動が大きくても、その影響が恒温系にはほとんど伝わらない。その結果、恒温系における温調精度を安定させることができるとともに、アクティブ系の発热量の変動にも柔軟に対応できる。

## 【0075】

なお、HFEの温度制御に際し、HFEを一旦冷却した後に加熱するのは、露光装置本体10の各ユニット(U1～U4)から還流するHFEが各ユニットの発熱によって加熱されてくることが予想されるからで、この場合、一旦冷却して荒熱を取り去った後、再加熱しながら流体温度を制御する方が、操作量を少なくできるため、制御性が高いからであ

る。逆に、露光装置本体10の各ユニットから還流するHFEが冷却されてくることが予想される場合には、一旦加熱した後に冷却しながら流体温度を制御するほうがよい。

#### 【0076】

##### (冷水系)

冷水系102は、冷凍機120と、目標温度に制御された冷水が循環する流路である冷水循環経路121とを含む。

#### 【0077】

冷凍機120は、冷水コンデンサ(凝縮器)122、熱交換器(蒸発器)124、及びコンプレッサ125等を含み、蒸発、圧縮、凝縮、及び膨張の各工程からなるサイクルにより、低温の物体から熱を吸い上げ、高温の物体に熱を与えるものである。

#### 【0078】

すなわち、冷凍機120では、コンプレッサ125で冷媒蒸気を圧縮し、高温高圧の状態にする。高温高圧の冷媒蒸気を高圧のまま、熱交換器136を介した後に、冷水コンデンサ122で放熱させ、凝縮する。液化した冷媒は不図示の膨張弁によって減圧され、湿り蒸気となる。湿り蒸気は熱交換器124内で吸熱して蒸発し、飽和蒸気となってコンプレッサ125に吸引される。冷水コンデンサ122には、工場冷却水が流れる冷却配管122aが配設されており、冷媒から放出される熱は冷媒配管122aを流れる工場冷却水によって必要に応じて回収される。

なお、冷凍機120で用いられる冷媒としては、例えば、R410A、R407C、R134a等のフロンや、アンモニア、イソブタン、二酸化炭素などが挙げられる。

#### 【0079】

冷水循環経路121には、熱交換器113a、113c、熱交換器124の他に、タンク126、及びポンプ127等が配設されている。なお、冷水循環経路121は、恒温系(経路121a)とアクティブ系(経路121c)とに分岐しており、各経路121a、121cに上記熱交換器113a、113cが配設されている。

#### 【0080】

冷水循環経路121では、タンク126内の冷水がポンプ127によって圧送される。タンク126は、冷水循環経路121内の冷水温度の安定化を目的として冷水を一時的に貯留するものであり、ポンプ127の上流に配されている。ポンプ127で圧送された冷水は熱交換器124において、冷凍機120の冷媒との熱交換により冷却される。熱交換器124で冷却された冷水は、熱交換器113a、113cにおいてHFE系101を流れるHFEとの間で熱交換を行う。この熱交換により、HFE系101を流れるHFEの温度が低下し、冷水循環経路121(経路121a、121c)を流れる冷水の温度が上昇する。

#### 【0081】

##### (温水系)

温水系103は、目標温度に制御された温水が循環する流路である温水循環経路130を有し、この温水循環経路130には、タンク131、ポンプ133、流量制御弁134、135a～135d、熱交換器114a～114d、136、迂回路137、157、及び温度センサ139等が配設されている。

#### 【0082】

温水循環経路130は、前述したように、供給先ユニット(U1～U4)に対応付けて4つの経路(130a、130b、130c、130d)に分岐している。すなわち、温水循環経路130は、入口分岐配管155aにおいて恒温系とアクティブ系との2方向に分岐しており、その下流の補分岐配管155b、155cにおいて恒温系及びアクティブ系のそれぞれにおいてさらに2方向(合計4方向)に分岐している。恒温系の2つの分岐経路130a、130bはその出口において、出口合流配管156aを介して接続され、アクティブ系の2つの分岐経路130c、130dはその出口において、出口合流配管156bを介して接続され、さらにそれらの配管が出口合流配管156cを介して接続されている。また、各分岐経路130a、130b、130c、130dのそれぞれに、上記

熱交換器114a、114b、114c、114dと、流量制御弁135a、135b、135c、135dとが配設されている。そして、各ユニットに入るHFEが目標温度（例えば23°C）となるように、温度センサ115a、115b、115c、115dの検出結果に基づいて、制御系116a、116bの指示に基づいて、対応付けられた流量制御弁135a、135b、135c、135dの開度が制御される。

#### 【0083】

温水系103では、タンク131内の温水がポンプ133によって圧送される。タンク131は、温水循環経路130内の温水温度の安定化を目的として温水を一時的に貯留するものであり、ポンプ133の上流に配されている。ポンプ133で圧送された温水は、热交換器136において加熱される。本例では、温水系103を流れる温水の热源として、上記冷水系102における冷凍機120の排熱を利用する。すなわち、冷凍機120において、コンプレッサ125と冷水コンデンサ122との間に上記热交換器136が配設されており、コンプレッサ125で高温高圧に圧縮された冷媒の上記热が热交換器136を介して温水系103の温水に伝達される。

#### 【0084】

热交換器136の下流位置においては、热交換器136で加熱された温水と、迂回路137を介して热交換器136を迂回した温水とが合流する。温水の混合割合によって热交換器114a～114dに向かう温水の温度が定まり、この温水温度は、温度センサ139で検出され、その検出結果は制御系141に送られる。流量制御弁134は、热交換器136に入る温水の流量を制御するものであり、ポンプ133と热交換器136との間の流路において、迂回路137との接続部（分岐部）の下流に配設されている。制御系141は、温度センサ139の検出結果に基づいて、热交換器136から出た温水の温度が目標温度になるように、流量制御弁134の開度を制御する。流量制御弁134の開度の制御により、热交換器136を経由する温水の流量と迂回する温水の流量との割合、すなわち热交換器114a～114dに向かう温水の混合割合が定まる。なお、温水の目標温度は、例えば、HFE系101の目標温度（例えば23°C）に対して5°C高い温度（例えば28°C）である。

#### 【0085】

目標温度に調整された温水は、热交換器114a～114dにおいてHFE系101の循環経路110a～110dを流れるHFEとの間で热交換を行う。この热交換により、循環経路110a～110dを流れるHFEの温度が上昇し、温水循環経路130を流れる温水の温度が低下する。制御系116は、温度センサ115a～115dの検出結果に基づいて、露光装置本体10の各ユニット（U1～U4）に入るHFEが目標温度（例えば23°C）となるように、流量制御弁135a～135dの開度を制御する。

#### 【0086】

本例の温水系103では、前述したように、温水循環経路130において、アクティブ系の分岐経路130c、130dに向かう温水の一部を迂回させる迂回路157と、アクティブ系の分岐経路130c、130dの温水の流出量の変動を検出する流量検出器158と、流量検出器158の検出結果に基づいて迂回路157を流れる温水の流量を制御する迂回量制御弁159とが設けられている。流量検出器158の検出結果は制御系160に送られる。制御系160は、流量検出器158の検出結果に基づいて、アクティブ系からの温水の流出量が一定になるように、迂回量制御弁159の開度を制御する。そして、この迂回制御により、热交換器114c、114dを流れる温水の流量が比較的大きく変動しても、その変動分が迂回路157で吸収される。そのため、恒温系及びアクティブ系に対する温水の流入量が一定に保たれ、各热交換器114a～114dにおいてそれぞれ热交換が安定的に行われる。さらに、温水系103の全体の流れが安定し、温水自体の温度制御にかかる負荷が少なくなり、温水系103の系全体において温水の温度安定度が向上する。

#### 【0087】

また、温水系103では、冷水系102の排熱利用、すなわち冷凍機120で発生する

排熱を利用して温水を加熱することから、熱利用効率の向上が図られる。すなわち、この冷凍機120の排熱は通常は工場冷却水によって回収されるものであり、その排熱を利用することで消費エネルギーの低減化を図り、運転コストを抑えることが可能である。なお、温水系103において、熱交換器136から出た温水の温度は、例えば、60～80℃である。この温水の熱を利用して配管内や温水に含まれる細菌類を殺菌することも可能である。

## 【0088】

図10は、図9の温調装置100の部分的な変形例を示している。

図10の例は、温水系103の熱交換器136に接続される冷媒用の配管190に、迂回路191を設けるとともに、その迂回路に流量制御弁192（本例は手動式、固定バルブ）を設けた点が図9と異なる。

ここで、熱交換器136は、前述したように、温水系103における温水と熱源との熱交換のためのものである。温水系103の熱源は、冷凍機120の排熱を利用してしていることから、熱量の変動が生じやすい場合がある。冷凍機120側の熱量変動が大きいと、熱交換器136に流入する温水の流量（温水側の熱交換流量）を制御する流量制御弁134について、良好に制御可能な範囲を外れる可能性がある。

## 【0089】

そこで、図10に示すように、迂回路191に設けた流量制御弁192によって熱交換器136に流入する冷媒（排熱ガス）の流量を適宜調節する。すなわち、熱交換器136に供給される冷凍機120側の熱量が所望の範囲内におさまるように、流量制御弁192の開度を調節する。これにより、本例では、温水側の流量制御弁134を、常に制御特性の良い部分で使用することが可能となり、温水の温度をより安定させることが可能となる。なお、図10の変形例として、図10に示す迂回路191に設けた流量制御弁192に代えて、迂回路191の分岐部に流量制御用の三方弁を設ける構成としてもよい。

## 【0090】

なお、図9の例において、流量制御弁134、135a～135dの配設位置は、熱交換器114a～114d、136の上流でもよく下流でもよい。なお、熱交換器136から出る温水は高温であることから、その手前に流量制御弁134を配することにより、熱による流量制御弁134の寿命の低下を防ぐことができるという利点がある。

## 【0091】

また、熱交換器113a、113c、114a～114d、124、136としては伝熱面積が広いタイプ、例えばプレート型の熱交換器が用いられる。プレート型熱交換器は、伝熱面積が広いことから、多量の流体の温度を精密に制御するのに適している。

## 【0092】

また、図9の例では、上述した温調装置100の構成要素のうち、HFE系101と、冷水系102及び温水系103の一部（HFE循環経路110、タンク111a、111c、ポンプ112a、112c、熱交換器113a、113c、114a～114d、温度センサ115a～115d、流量制御弁135a～135d、迂回路157等）は露光装置EXPとほぼ同じ環境下に配置され（以後この部分を、2次温調系150と称する）、他の構成要素（例えば、冷水系102の残りの一部、温水系103の残りの一部）は、クリーンルームの床下あるいはクリーンルームに隣接して配設されるユーティリティルーム等のクリーンルームとは異なる環境下に配されている（以後この部分を、1次温調系151と称する）。1次温調系151をクリーンルームとは異なる環境下に配置するのは、クリーンルームにおける厳密管理が必要な領域の縮小化や、クリーンルームの管理コストの低減化を目的としている。

## 【0093】

図11は、露光装置本体10の具体的な構成例を示している。

露光装置本体10は、露光源11としてArFエキシマレーザ光（λ=193nm）を出射するレーザ光源を使用しており、露光光ELの光路内に配置されたレチクルRを照明するための照明系21、レチクルRが搭載されるレチクルステージRST、レチクルR

から射出される露光光E LをウエハW上に投射する投影光学系P L、ウエハWが搭載されるウエハステージW S T、及び装置全体を統括的に制御する制御装置（不図示）等を備えて構成されている。

#### 【0094】

露光光源1 1からの露光光E Lは、ビーム・マッチング・ユニット（以下、「BMU」という。）1 2を介して照明系2 1に導入される。BMU1 2は複数の光学素子で構成され、露光光源1 1と照明系2 1とを光学的に接続する。なお、露光光源1 1は、クリーンルームの床下あるいはクリーンルームに隣接して配設されるユーティリティルーム等に配置される。

#### 【0095】

照明系2 1は、オプティカルインテグレータをなすフライアイレンズ（ロッドインテグレータでもよい）2 6、ミラー2 7、コンデンサーレンズ2 8等の光学素子を含んで構成されている。不図示の露光光源からの露光光E Lは、BMU1 2を介して照明系2 1に導入される。前記フライアイレンズ2 6は、露光光源からの露光光E Lの入射により、その後方面に前記レチクルRを均一な照度分布で照明する多数の二次光源を形成する。フライアイレンズ2 6の後方には、前記露光光E Lの形状を整形するためのレチクルブラインド2 9が配置されている。

#### 【0096】

照明系2 1における露光光E Lの入口部と出口部には、板状の平行平板ガラス（図示略）が配置されている。この平行平板ガラスは、露光光E Lを透過する物質（合成石英、萤石など）により形成されている。

#### 【0097】

投影光学系P Lは、露光光E Lの入口部と出口部に設けられる一对のカバーガラス（図示略）と、この一对のカバーガラスの間に設けられる複数（図1 1では2つのみ図示）のレンズエレメント3 1とを含んで構成されている。また、投影光学系P Lは、レチクルR上の回路パターンを例えば1／5あるいは1／4に縮小した投影像を、表面に前記露光光E Lに対して感光性を有するフォトレジストが塗布されたウエハW上に形成する。

#### 【0098】

レチクルステージR S Tは、所定のパターンが形成されたレチクルRを、露光光E Lの光軸と直交する面内で移動可能に保持している。レチクルステージR S Tの端部には、レチクル側干渉計3 3からのレーザビームを反射する移動鏡（図示略）が固定されている。そして、レチクルステージR S Tは、このレチクル側干渉計3 3によって走査方向の位置が常時検出され、露光装置本体1 0の全体の動作を制御する制御装置（不図示）の制御のもとで、所定の走査方向に駆動されるようになっている。

#### 【0099】

ウエハステージW S Tは、露光光E Lに対して感光性を有するフォトレジストが塗布されたウエハWを、露光光E Lの光軸と直交する面内において移動可能、かつその光軸に沿って微動可能に保持するものであり、ウエハ室4 0の内部に収容されている。

#### 【0100】

また、ウエハステージW S Tの端部には、ウエハ側干渉計3 4からのレーザビームを反射する移動鏡（図示略）が固定されており、ウエハステージW S Tが可動する平面内での位置は、ウエハ側干渉計3 4によって常時検出される。そして、ウエハステージW S Tは、前記制御装置の制御のもとで、前記走査方向の移動のみならず、走査方向に垂直な方向にも移動可能に構成されている。これにより、ウエハW上の各ショット領域ごとに走査露光を繰り返すステップ・アンド・スキャン動作が可能になっている。

#### 【0101】

ここで、ウエハ室4 0は、支持体としての本体コラム3 6の内部に区画形成されたものであり、投影光学系P LとウエハWとの間の空間を外部雰囲気から遮断している。ウエハ室4 0の内部には、上記ウエハステージW S Tの他に、ウエハWの表面のZ方向の位置（フォーカス位置）や傾斜角を検出するための斜入射形式のオートフォーカスセンサ2 4や

、オフ・アクシス方式のアライメントセンサ25等が収納されている。なお、本体コラム36は、ベースプレート37上に複数の防振台38を介して支持され、露光装置本体10の構成要素であるレチクルステージRST、投影光学系PL、ウエハステージWST等をそれぞれ保持している。

#### 【0102】

上記構成の露光装置本体10では、ステップ・アンド・スキャン方式により、レチクルR上に回路パターンをウエハW上のショット領域に走査露光する場合、レチクルR上の照明領域が、前記レチクルブラインド29で長方形（スリット）状に整形される。この照明領域は、レチクルR側の走査方向に対して直交する方向に長手方向を有するものとなっている。そして、レチクルRを露光時に所定の速度Vrで走査することにより、前記レチクルR上の回路パターンを前記スリット状の照明領域で一端側から他端側に向かって順次照明する。これにより、前記照明領域内におけるレチクルR上の回路パターンが、前記投影光学系PLを介してウエハW上に投影され、投影領域が形成される。

#### 【0103】

このとき、ウエハWは、レチクルRとは倒立結像関係にあるため、レチクルRの走査方向とは反対方向に、レチクルRの走査に同期して所定の速度Vwで走査される。これにより、ウエハWのショット領域の全面が露光可能となる。走査速度の比Vw/Vrは、前記投影光学系の縮小倍率に応じたものになっており、レチクルR上の回路パターンがウエハW上の各ショット領域上に正確に縮小転写される。

#### 【0104】

ここで、露光装置本体10で使用するArFレーザ光は、空気中に含まれる酸素・有機化合物によってエネルギーが吸収されやすい。そのため、露光装置本体10では、照明光路（露光源11～レチクルRへ至る光路）及び投影光路（レチクルR～ウエハWへ至る光路）を外部雰囲気から遮断し、それらの光路をArFレーザ光に対して吸収の少ない特性を有するガスで満たしている。

#### 【0105】

具体的には、BMU12、照明系21、及び投影光学系PLにおける各光路がケーシング41、42、43によって外部環境から遮断されている。各ケーシング41、42、43には、供給管45と排出管46とが接続されており、光学的に不活性なバージガスである不活性ガスが、マイクロデバイス工場のユーティリティプラント内のタンク47から供給されるようになっている。また、各ケーシング41、42、43の内部のガスは、排出管46を介して工場の外部に排出されるようになっている。

#### 【0106】

不活性ガスとは、窒素、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン等の中から選択された単体のガス、あるいはその混合ガスであり、化学的に精製されている。バージガスの供給は、各ケーシング41、42、43の内部において、各種光学素子を汚染する有機化合物や、エネルギーを吸収する酸素等の不純物の濃度を低減するために行われる。なお、水分及び有機化合物は、露光源ELの照射下で各種光学素子の表面上に堆積して壊り現象を生じせしめる物質であり、酸素は、ArFエキシマレーザを吸収する吸光物質である。また、有機化合物としては、例えば有機ケイ素化合物、アンモニウム塩、硫酸塩、ウエハW上のレジストからの揮散物、各種駆動部を有する構成部品に使用される摺動性改善剤からの揮散物、電気部品に給電あるいは信号供給するための配線の被覆層からの揮散物等がある。

#### 【0107】

なお、バージガス中にも有機化合物、あるいは酸素が不純物として含まれることがある。このため、供給管45の途中には、バージガス中の不純物を除去するためのバージガスフィルタ48や、バージガスを所定の温度に調整するとともにバージガス中の水分を除去する温調乾燥器49が設けられている。

#### 【0108】

ここで、上記の露光装置本体10において、温度制御した流体（HFE）の供給先ユニ

ット（温調対象ユニット）の例としては、投影光学系PL（投影レンズ）、ヒートシンク、及びウエハステージWST（Xステージ、Yステージ）が挙げられる。なお、これらHFEの供給先ユニットは一例であり、露光装置本体10において温度管理が必要なユニットが必要に応じて適宜選択される。

#### 【0109】

投影光学系PLやアライメントセンサ25等のセンサ類は、電装品や光ビームなどから熱影響を受けると、光学素子の熱変形が生じて性能が低下するおそれがあり、それを回避するために温調されている。上記ヒートシンクは、温調用の放熱手段として備えられているものである。また、投影光学系PLやセンサ類は、比較的熱負荷の変動（発熱量）が小さいものの、目標とする温度安定度が厳しい。したがって、これらは図9の温調装置10における「恒温系」で温調するのが望ましい。

#### 【0110】

一方、ウエハステージWSTにおける、XステージやYステージは、駆動用のアクチュエータが発熱しやすく、その熱を回収すること等を目的として温調されている。なお、アクチュエータの熱がステージWST近くの空気に伝わると空気振らぎ等により干渉計34の測定精度に影響を与えるおそれがある。Xステージ及びYステージのアクチュエータの熱負荷（発熱量）は、駆動状態で大きく変化する。したがって、これらは図9の温調装置10における「アクティブ系」で温調するのが好ましい。

#### 【0111】

以上、本発明の温調装置、及び露光装置の構成例について説明したが、露光装置本体における投影光学系としては、屈折タイプに限らず、反射屈折タイプ、反射タイプであってもよい。また、露光装置として、投影光学系を用いることなく、マスクと基板とを密接させてマスクのパターンを露光するコンタクト露光装置や、マスクと基板とを近接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置にも本発明を同様に適用することができる。

#### 【0112】

また、本発明は、国際公開第99/49504号パンフレットに開示されている液浸法を用いた露光装置にも適用可能である。液浸法は、投影光学系の下面と基板表面（ウエハなど）との間を水（純水）や有機溶媒等の液体で満たし、液体中の露光光の波長が、空気中の $1/n$ （nは液体の屈折率で通常1.2~1.6程度）になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約n倍に拡大するというものである。この場合、例えば、投影光学系の下面とウエハとの間に供給する液体を、本発明の温調装置を用いて温調するとよい。具体的には、投影光学系の下面とウエハとの間に液体を供給するための供給ノズルの上流に本発明における第2熱交換器を配置する。これにより、投影光学系の下面とウエハとの間に供給される液体について、高応答、高出力で精密な温調が可能となる。

#### 【0113】

また、露光装置として、縮小露光型に限定されるものではなく、例えば等倍露光型や、拡大露光型であってもよい。

また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクルまたはマスクを製造するために使用されるレチクルまたはマスクを製造するためにマザーレチクルからガラス基板やシリコンウエハなどへ回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV光（深紫外光）やVUV光（真空紫外光）などを用いる露光装置では一般に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては、石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、萤石、フッ化マグネシウム、または水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置や電子線露光装置などでは、透過型マスク（ステンシルマスク、メンバレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

#### 【0114】

また、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、例えば以下のような露光装置にも同様に適用することができる。例えば、本発明は、液晶表示素子（LCD）などを

含むディスプレイの製造に用いられてデバイスピターンをガラスプレート上に転写する露光装置にも適用することができる。また、本発明は、薄膜磁気ヘッド等の製造に用いられて、デバイスピターンをセラミックウエハ等へ転写する露光装置にも適用することができる。また、本発明は、CCD等の撮像素子の製造に用いられる露光装置にも適用することができる。

#### 【0115】

また、マスクと基板とが静止した状態でマスクのパターンを基板に転写し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の一括露光型の露光装置にも適用することができる。

#### 【0116】

また、露光装置の光源としては、例えばg線( $\lambda=436\text{ nm}$ )、i線( $\lambda=365\text{ nm}$ )、ArFエキシマレーザ( $\lambda=193\text{ nm}$ )、F2レーザ( $\lambda=157\text{ nm}$ )、Kr2レーザ( $\lambda=146\text{ nm}$ )、Ar2レーザ( $\lambda=126\text{ nm}$ )等を用いてもよい。また、DFB半導体レーザまたはファイバレーザから発振される赤外線、または可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム(またはエルビウムとイッテルビウムの双方)がドープされたファイバアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

#### 【0117】

なお、上述した露光装置10は、例えば、次のように製造される。

まず、投影光学系PLを構成する複数のレンズエレメント31及びカバーガラス等を投影光学系PLの鏡筒(ケーシング43)に収容する。また、ミラー27、各レンズ26、28等の光学部材からなる照明系21をケーシング42内に収容する。そして、これらの照明系21及び投影光学系PLを本体チャンバ101に組み込み、光学調整を行う。次いで、多数の機械部品からなるウエハステージWST(スキャンタイプの露光装置の場合は、レチクルステージRSTも含む)を本体チャンバCHに取り付けて配線を接続する。そして、BMU12のケーシング41と照明系21のケーシング42と投影光学系PLのケーシング43とに供給管45と排出管46とを接続するとともに、温調装置100を各ユニットに接続した上で、さらに総合調整(電気調整、動作確認など)を行う。

#### 【0118】

また、前記各ケーシング41、42、43を構成する各部品は、超音波洗浄などにより、加工油や、金属物質などの不純物を落とした上で、組み上げられる。なお、露光装置10の製造は、温度、湿度や気圧が制御され、かつクリーン度が調整されたクリーンルーム内で行なうことが望ましい。

#### 【0119】

次に、上述した露光装置をリソグラフィ工程で使用したデバイス製造方法の実施形態について説明する。

図12は、デバイス(ICやLSI等の半導体素子、液晶表示素子、撮像素子(CCD等)、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造例のフローチャートを示す図である。

#### 【0120】

図12に示すように、まず、ステップS101(設計ステップ)において、デバイス(マイクロデバイス)の機能・性能設計(例えば、半導体デバイスの回路設計等)を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS102(マスク製作ステップ)において、設計した回路パターンを形成したマスク(レチクルR等)を作成する。一方、ステップS103(基板製造ステップ)において、シリコン、ガラスプレート等の材料を用いて基板(シリコン材料を用いた場合にはウエハWとなる)を製造する。

#### 【0121】

次に、ステップS104(基板処理ステップ)において、ステップS101～S103で用意したマスクと基板とを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によって基板上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS105(デバイス組立ステップ)において、ステップS104で処理された基板を用いてデバイス組立を行う。このステップ

S105には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入等）等の工程が必要に応じて含まれる。

#### 【0122】

最後に、ステップS106（検査ステップ）において、ステップS105で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

#### 【0123】

図13は、半導体デバイスの場合における、図13のステップS104の詳細なフローの一例を示す図である。図13において、ステップS111（酸化ステップ）では、ウエハの表面を酸化させる。ステップS112（CVDステップ）では、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS113（電極形成ステップ）では、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS114（イオン打込みステップ）では、ウエハにイオンを打ち込む。以上のステップS111～S114のそれぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

#### 【0124】

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップS115（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップS116（露光ステップ）において、先に説明したリソグラフィシステム（露光装置）によってマスク（レチクル）の回路パターンをウエハ上に転写する。次に、ステップS117（現像ステップ）では露光されたウエハを現像し、ステップS118（エッティングステップ）において、レジストが残存している部分以外の露出部材をエッティングにより取り去る。そして、ステップS119（レジスト除去ステップ）において、エッティングが済んで不要となったレジストを取り除く。

#### 【0125】

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重の回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造装置を用いれば、露光工程（ステップS116）において、露光光により解像力の向上が可能となり、露光量制御を高精度に行うことができる。従って、露光精度を向上することができ、例えば最小線幅0.1μm程度の高集積度のデバイスを歩留まり良く製造することができる。

#### 【0126】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されることは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0127】

【図1】本発明に係る温調装置における特徴部分の一形態例を模式的に示す図である。

【図2】温調装置で用いられる流量制御弁の特性（開度－流量特性）の一例を示す図である。

【図3】温調装置で用いられる流量制御弁の特性（開度－流量特性）の一例を示す図である。

【図4】温調装置で用いられる流量制御弁の特性（開度－流量特性）の一例を示す図である。

【図5】図1に示した温調装置の変形例を示す図である。

【図6】図1または図5の温調装置に用いられる流量制御弁の漏液を検知する漏液検知系の構成を示す図である。

【図7】図5の温調装置の部分的な変形例を示す図である。

【図8】図5の温調装置の部分的な変形例を示す図である。

【図9】図5に示す特徴部分の形態例が適用された温調装置の全体構成を示す図である。

【図10】図9の温調装置の部分的な変形例を示す図である。

【図11】露光装置本体の具体的な構成例を示す図である。

【図12】デバイスの製造方法を示すフローチャート図である。

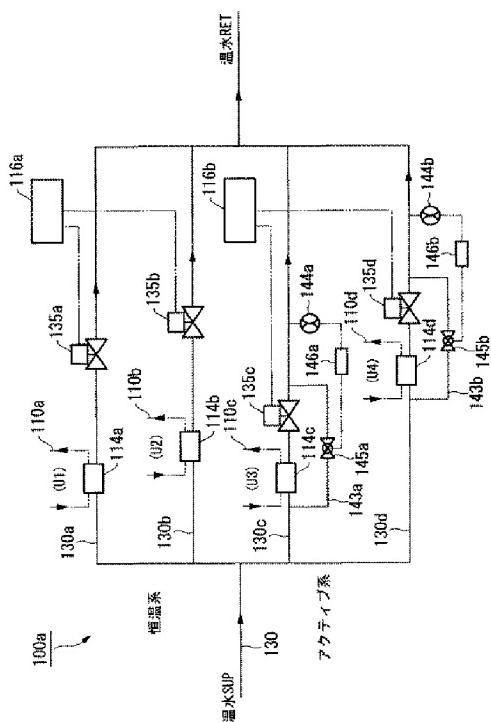
【図13】半導体素子の製造方法を示すフローチャート図である。

#### 【符号の説明】

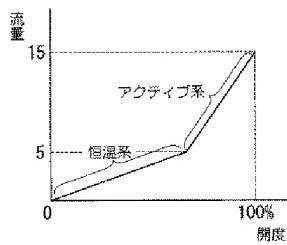
##### 【0128】

R…レチクル（マスク）、W…ウエハ、RST…レチクルステージ、PL…投影光学系（温調対象ユニット）、WST…ウエハステージ、露光装置…EXP、CH…チャンバ、10…露光装置本体、100、100a…温調装置、101…HFE系（流体流路）、102…冷水系（冷媒流体流路）、103…温水系（温媒流体流路）、113a、113c…114a～114d、124、136…热交換器、115a～115d、139…温度センサ、120…冷凍機、125…コンプレッサ（圧縮機）、130…温水循環経路、130a～130d…分岐経路、134、135a～135d…流量制御弁、137、143a…143b、157…迂回路、144a、144b、158…流量検出器、145a、145b、159…迂回量制御弁、155a…入口分岐配管、155b、155c…補分岐配管、156a、156b、156c…出口合流配管、170…漏液検知系、170a…第1漏液検知系、170b…第2漏液検知系、171…ボックス、177a～177d…181…検知配線、176、180…漏液検知器、178a～178d…リレー、U1～U4…温調対象ユニット。

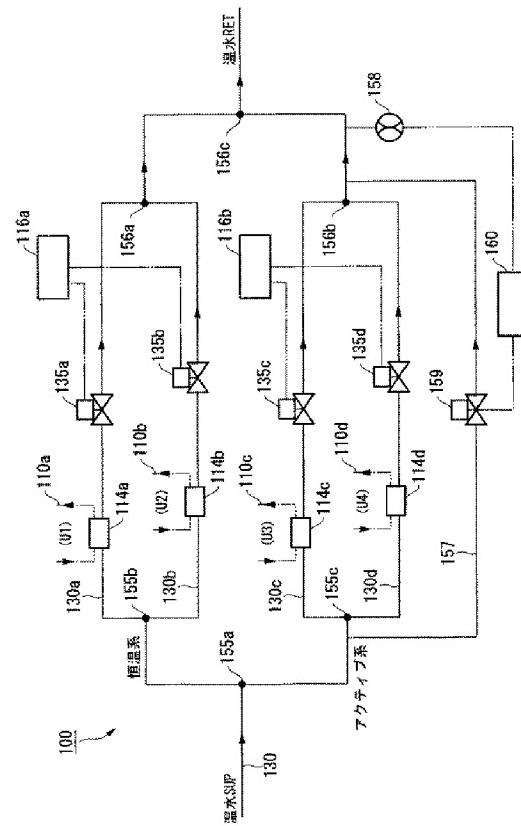
【図1】



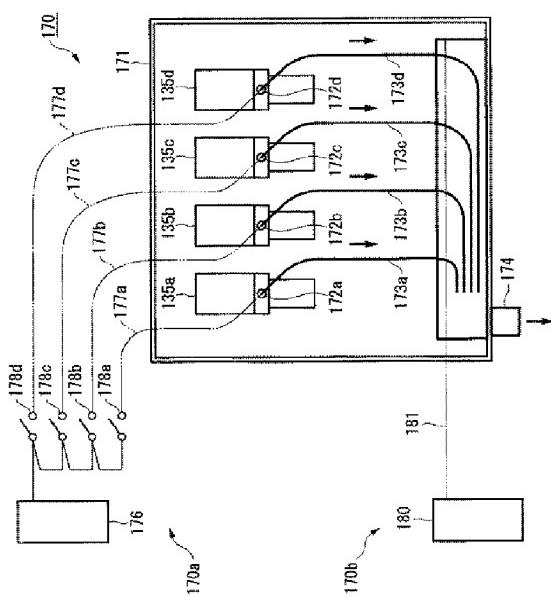
【図4】



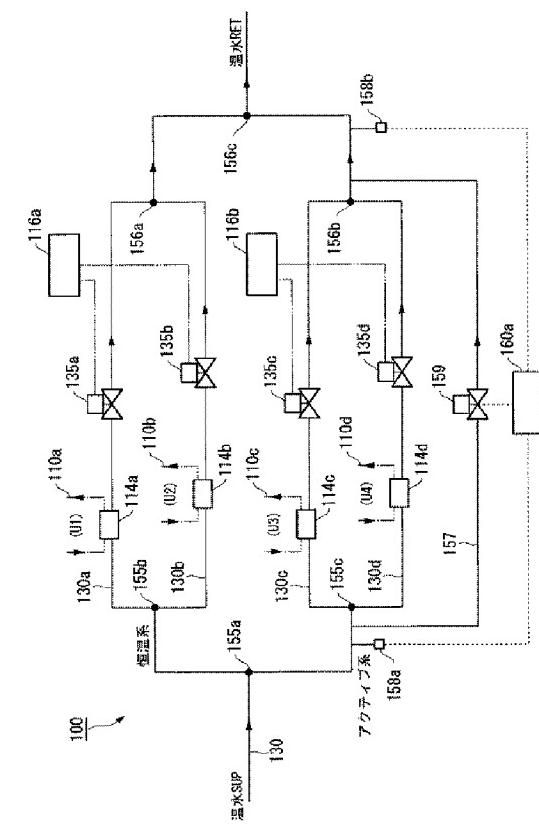
【図5】



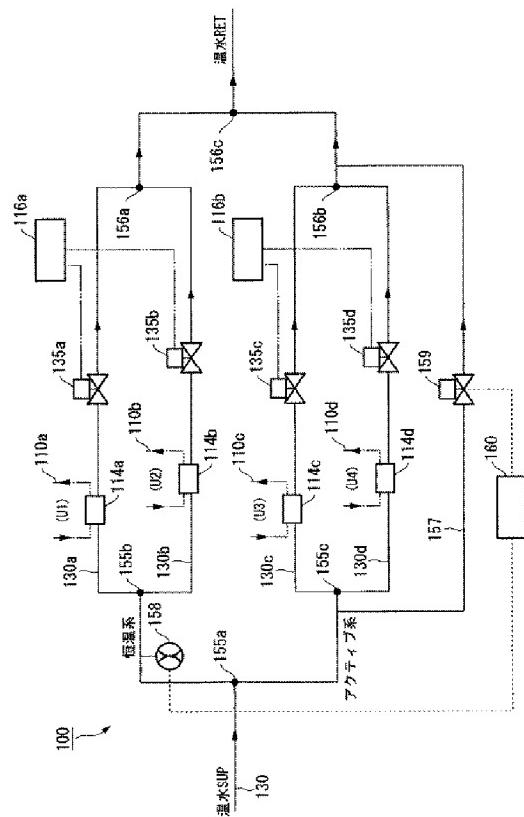
【图6】



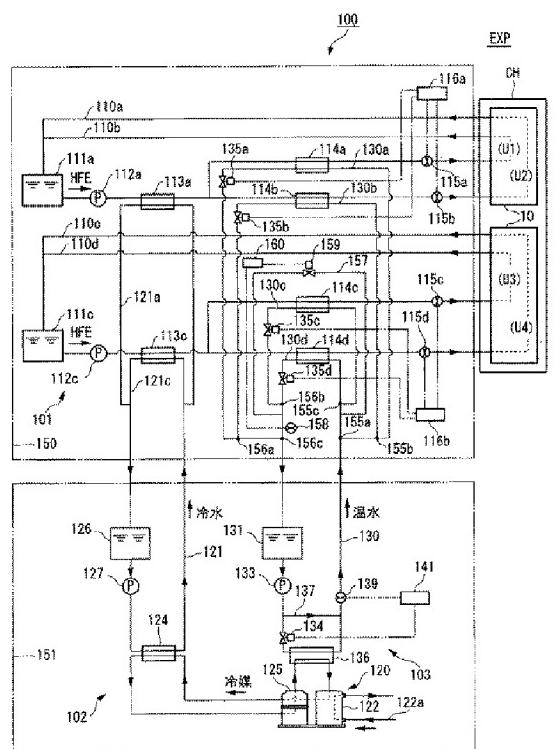
【图7】



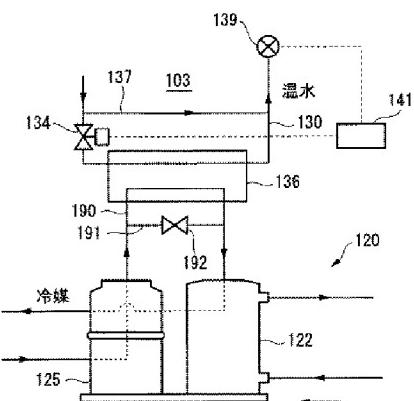
【図8】



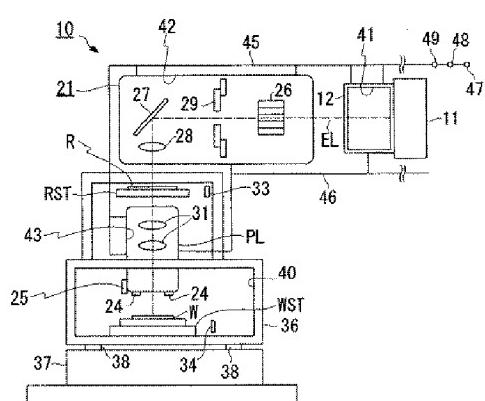
【図9】



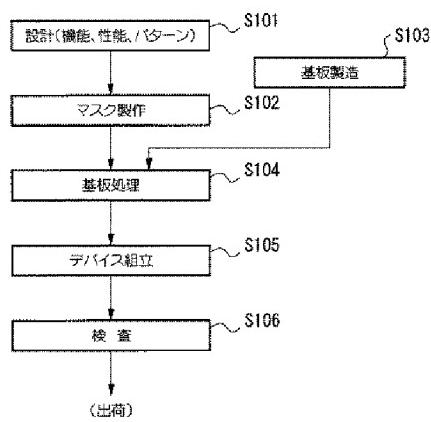
【図10】



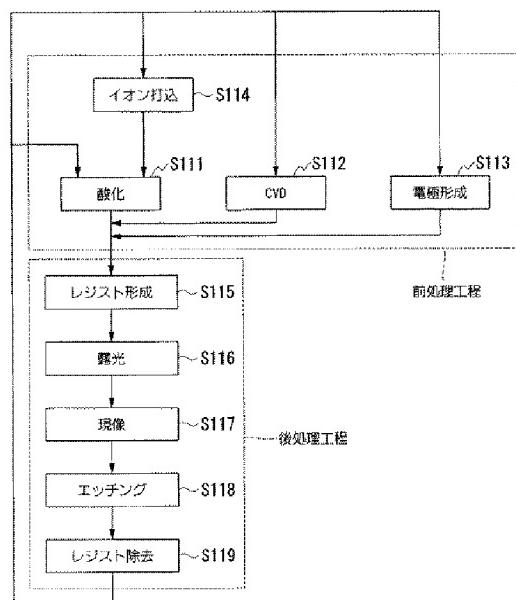
【図11】



【図12】



【図13】



(72)発明者 萩原 司  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 新井 浩二  
宮城県名取市高字原277番地 株式会社仙台ニコン内

(72)発明者 畑中 孝一  
宮城県名取市高字原277番地 株式会社仙台ニコン内

(72)発明者 村上 宏展  
宮城県名取市高字原277番地 株式会社仙台ニコン内

(72)発明者 鈴木 謙二  
宮城県名取市高字原277番地 株式会社仙台ニコン内

F ターム(参考) 5F046 CB20 CB26 DA26 DB02 DB14 DC07  
5H323 AA40 BB01 BB12 CA04 CB22 CB32 CB33 CB40 CB44 DA04  
DB15 EE01 FF01 JJ06